

レーザスキャニングによる RC 頭首工の 3D 損傷検出と物性との関係 3D Damage Detection in RC Headworks by Laser Scanning and Physical Properties

○鳥越智也*・高橋智香*・柴野一真**・鈴木哲也***

Tomoya TORIGOE, Tomoka TAKAHASHI, Kazuma SHIBANO, and Tetsuya SUZUKI

1. はじめに

近年、農業水利施設の BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) モデルをはじめとする新たなデータ様式による施設データの一元管理・利用に関する将来像が各地で模索されている¹⁾。重要な論点は、既存施設の維持管理データに損傷実態を詳細に反映できるかにある。既存技術では、UAV などにより取得した可視画像での管理が広く普及しているが、調査データのデジタル化において評価精度や作業効率に改善が必要である。筆者の一人である鈴木らの既往研究²⁾では、レーザスキャニングによる既設頭首工堰柱の表面損傷の検出を行い、ひび割れを定量的に評価可能であることが示唆された。なお、レーザスキャニングでは表面のひび割れ箇所を検出は可能だが、その内部状況までは検出することができない。そこで本報では、既往研究で得られた画像による既設頭首工の表面損傷の検出結果と採取コアの非破壊試験によって得られる損傷度評価に相関があるか検証した。

2. 研究対象施設概要

本研究では、損傷状況の異なる 2 箇所の RC 頭首工を対象に地上型レーザスキャナを用いて 3D 点群から形状とひび割れ分布を評価した²⁾⁴⁾。非破壊検査に用いるコンクリートコアは、両施設の堰柱と底版から採取した。

3. 非破壊検査方法

採取したコンクリートコアは、超音波法と共鳴振動法 (JIS A 1127, 2010) より動弾性係数を評価した。超音波法は、透過法により速度を求め、式 (1) より動弾性係数を評価した。超音波伝搬速度試験は、超音波発生装置 Pundit PL-200 (Proceq 社製) を使用し、透過法により実施した。入力超音波は 150 kHz である。

$$V_p = \sqrt{\frac{E_d(1-\nu)}{\rho(1-2\nu)(1+\nu)}} \quad (1)$$

ここで、 E_d : 動弾性係数 (GPa), ν : ポアソン比 (本研究では 0.2 と設定), V_p : 超音波伝搬速度 (m/s), ρ : 密度 (g/m^3) である。

共鳴振動法は、JIS A 1127 (2010) に準拠して試験を実施し、式 (2) より共鳴振動数から動弾性係数を評価した⁵⁾。

$$E_D = 4.00 \times 10^{-3} \frac{L}{A} m f^2 \quad (2)$$

ここで、 E_D : 動弾性係数 (GPa), L : 長さ (mm), A : 断面積 (mm^2), m : 質量 (kg), f : 縦振動の一次共鳴振動数 (Hz) である。

本検討では、超音波法による動弾性係数を E_d , 共鳴振動法によるものを E_D とした。

4. 結果および考察

既設頭首工から採取したコアを用いて、非

* 新潟県農地部 Niigata Prefecture

**新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

***新潟大学自然科学系 (農学部) Institute of Agriculture, Niigata University

キーワード: 農業農村整備, 農業水利施設, 維持管理, BIM/CIM, コンクリート物性

表 1 コンクリート物性一覧

サンプル名	超音波速度 (m/s)	動弾性係数 E_d (GPa)	共鳴振動数 (Hz)	動弾性係数 E_D (GPa)
矢代川 (底板)	4,263	36.5	9,743	28.5
矢代川 (左岸側)	3,865	31.2	4,231	5.9
矢代川 (右岸側)	4,578	44.2	8,052	32.3
谷浜第一頭首工	4,400	39.3	8,498	28.5

破壊試験により得られた結果を表 1 と図 1 に示す。一般的に無損傷コンクリートでは、超音波伝搬速度試験で 4,000 m/s、共鳴振動法で 10,000 Hz の結果を得ることができる。矢代川頭首工では、ひび割れが顕在化していた左岸側堰柱部より採取したコア供試体の超音波速度と動弾性係数が標準的な無損傷コンクリートと比較して著しく低下していることが確認された。右岸側堰柱部では、左岸側とは異なり、ひび割れは顕在化しておらず、コンクリート物性においても標準値に近い値を検出した。レーザスキャニングにより取得した 3D 点群によるひび割れ分布の実態評価値²⁾³⁾とコンクリート物性(動弾性係数)との密接な関連が示唆されたものと考えられる。

図 1 より、評価方法の異なる動弾性係数は、式(1)と式(2)の両式により評価されたものがほぼ類似の値を算出するものと(図中①)、動弾性係数が極度に低下したものと(図中②)、共鳴振動法評価値に相違が確認されなかった採取時のコア高さが 155 mm 以下のサンプル(図中③)に分布が分かれた。サンプル条件(ひび割れの発達状況、サンプルサイズ)により評価精度が影響を受けるものと推察される。

5. まとめ

本報では、既設頭首工を対象に 3D 点群によるひび割れ分布とコンクリート物性(動弾性係数)との関連を考察した。検証の結果、動弾性係数を用いてレーザ計測による表面損傷の検出結果とコアの非破壊試験結果と

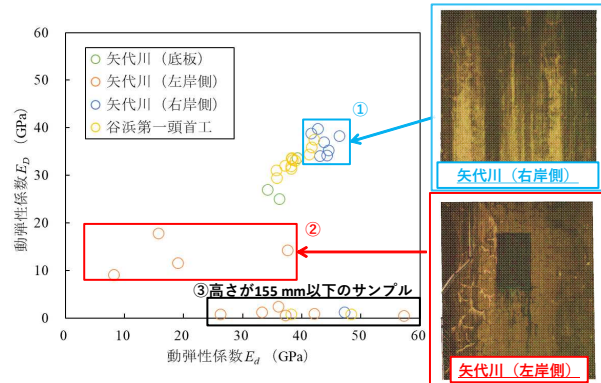


図 1 評価方法の異なる動弾性係数の比較とコア取得近傍の 3D 点群

の関連を明らかにした。本手法を用いることにより、農業水利施設の維持管理や更新に係る省力化及び低コスト化が迅速に行えるものと期待できる。

引用文献

- 1) 農林水産省農村振興局：農業農村整備に関する技術開発計画～今後 5 年間で目指すべき技術開発の方向性～ (2021), https://www.maff.go.jp/j/nousin/pdf/R311_gijutu_keikaku_zentai.pdf (参照 2024 年 3 月 8 日)
- 2) 小日向研吾, 高橋智香, 鈴木哲也：レーザスキャニングによる既設頭首工堰柱の表面損傷検出, 水土の知 91(8), pp. 44-45, (2023)
- 3) Kazuma Shibano et al.: Evaluation of Surface Damage for in-service Deteriorated Agricultural Concrete Headworks using 3D point clouds by Laser Scanning Method, *Journal of Paddy and Water Environment* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10333-023-00965-3>
- 4) 鈴木哲也 他：農業水利施設の三次元損傷データ構築へのレーザスキャニング計測の有用性, 令和 5 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, (2023)
- 5) 日本工業規格: JIS A 1127 共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数, 動せん断弾性係数及び動ポアソン比試験方法, (2010)